

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Industrial Property Office.

Application Number: Patent Application No. 2003-33842

Date of Application: 27 May 2003

Applicant(s): Samsung Electronics Co., Ltd.

10 June 2003

COMMISSIONER

1020030033842

2003/6/11

[Document Name] Patent Application
[Application Type] Patent
[Receiver] Commissioner
[Reference No.] 0012
[Filing Date] 2003.05.27
[IPC] H01L
[Title] Semiconductor opto-electronic device

[Applicant]

[Name] Samsung Electronics Co., Ltd.
[Applicant code] 1-1998-104271-3

[Attorney]

[Name] Young-pil Lee
[Attorney's code] 9-1998-000334-6
[General Power of Attorney Registration No.] 2003-003435-0

[Attorney]

[Name] Hae-young Lee
[Attorney's code] 9-1999-000227-4
[General Power of Attorney Registration No.] 2003-003436-7

[Inventor]

[Name] LEE, Sung Nam
[I.D. No.] 720228-1167828
[Zip Code] 442-707
[Address] 106-1304 Byucksan Apt., Mangpo-dong, Paldal-gu,
Suwon-city, Kyungki-do
[Nationality] Republic of Korea

[Inventor]

[Name] HA, Kyoung Ho
[I.D. No.] 680311-1903916
[Zip Code] 135-010

1020030033842

2003/6/11

[Address] 130-13 Nonhyeon-dong, Gangnam-gu, Seoul
[Nationality] Republic of Korea

[Inventor]

[Name] SAKONG, Tan
[I.D. No.] 740603-1770115
[Zip Code] 449-712
[Address] C-422 Dormitory of Samsung Advanced Institute of Technology,
Kiheung-eub, Yongin-city, Kyungki-do
[Nationality] Republic of Korea

[Priority Claimed]

[Application Country] Republic of Korea
[Type of Application] Patent
[Application No.] 10-2002-0063539
[Filing Date] 2002.10.17
[Priority Document] Attached

[Application Order] I/We file as above according to Art. 42 of the Patent Law.
Attorney Young-pil Lee
Attorney Hae-young Lee

[Fee]

[Basic page]	20 Sheet(s)	29,000 won
[Additional page]	2 Sheet(s)	2,000 won
[Priority claiming fee]	1 Case(s)	26,000 won
[Examination fee]	0 Claim(s)	0 won
[Total]	57,000 Won	

[Enclosures]

1. Abstract and Specification (and Drawings)_ 1 copy
2. Certified Priority document and Translation thereof_ 1 copy

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0012
【제출일자】	2003.05.27
【국제특허분류】	H01L
【발명의 명칭】	반도체 광전 소자
【발명의 영문명칭】	Semiconductor opto-electronic device
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	2003-003435-0
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2003-003436-7
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이성남
【성명의 영문표기】	LEE, Sung Nam
【주민등록번호】	720228-1167828
【우편번호】	442-707
【주소】	경기도 수원시 팔달구 망포동 벽산아파트 106동 1304호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	하경호
【성명의 영문표기】	HA, Kyoung Ho
【주민등록번호】	680311-1903916

【우편번호】	135-010
【주소】	서울특별시 강남구 논현동 130-13
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	사공탄
【성명의 영문표기】	SAKONG, Tan
【주민등록번호】	740603-1770115
【우편번호】	449-712
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 삼성종합기술원 기숙사 C동 422호
【국적】	KR
【우선권주장】	
【출원국명】	KR
【출원종류】	특허
【출원번호】	10-2002-0063539
【출원일자】	2002.10.17
【증명서류】	첨부
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인 필 (인) 대리인 이해영 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	2 면 2,000 원
【우선권주장료】	1 건 26,000 원
【심사청구료】	0 항 0 원
【합계】	57,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 우선권증명서류 및 동 번역문_1통

【요약서】**【요약】**

고효율의 반도체 광전소자에 관해 개시된다.

개시된 반도체 광전소자는: 활성층과; 활성층 상하에 마련되는 상부 및 하부 웨이브가이드층; 상기 활성층 및 웨이브가이드층에 의한 샌드위치의 상하에 마련되는 상부 및 하부크래드층; 및 상기 적층을 지지하는 기판을 구비하고, 상기 활성층 및 이 상하의 각 웨이브가이드층의 사이에, 각각에 대응하는 웨이브가이드층에 비해 에너지갭이 작고 그리고 활성층에 비해서는 큰 에너지갭을 가지는 광제한층(optical confinement layer, OCL)이 마련되어 있는 구조를 가진다. 이러한 본 발명에 따르면, 모드 누설의 감소 및 억제가능하고 그리고 광제한팩터가 증가한다.

【대표도】

도 2

【색인어】

광제한층, 광제한팩터, 반도체, 광전

【명세서】

【발명의 명칭】

반도체 광전 소자{Semiconductor opto-electronic device}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 일반적인 질화물계 반도체 레이저 소자의 적층구조를 보인 단면도이다.

도 2는 본 발명에 따른 반도체 레이저 소자의 적층구조를 보인 단면도이다.

도 3은 도 2에 도시된 본 발명에 따른 반도체 레이저 소자의 결정층별 에너지 갭을 보인 그래프이다.

도 4a 내지 도 4d는 각기 다른 Al 조성비를 가지는 n-크래드층에 따른 모드 프로파일에 대한 OCF (Optical confinement factor)의 시뮬레이션 결과를 보인다.

도 5a 내지 도 5c는 n-크래드층에서의 Al 조성비(10%, 13.5%, 15%)별 본 발명에 따라 적용되는 OCL의 두께 변화에 따른 OCF의 변화를 보인 시뮬레이션 결과이다.

도 5d는 본 발명에 따라 OCL을 적용한 경우(OCL) 및 OCL을 적용하지 않은 경우(non-OCL)에 있어서, n-크래드층의 Al 조성비(10%, 13.5%, 15%)별 OCF의 변화를 나타내 보인다.

도 5e는 도 5d의 조건에서 최대 OCF에 대응하는 OCL두께 하에서 OCF의 증가율을 보인다.

도 6은 본 발명에 따라 OCL이 적용된 레이저 다이오드와 OCL이 없는 종래 레이저 다이오드의 발진 개시 전류의 변화를 보인 그래프이다.

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <9> 본 발명은 반도체 광전소자(semiconductor opto-electronic device)에 관한 것으로서, 상세히는 높은 광효율을 가지는 반도체 광전소자에 관한 것이다.
- <10> 일반적인 질화물(nitride)계열의 화합물 반도체 광전소자의 하나인 반도체 레이저 소자는, 도 1에 도시된 바와 같이 사파이어 기판(1)을 베이스로 하며, 빛을 내거나 받기 위한 활성층(active layer, 5), 활성층(5)으로 전자를 공급하기 위한 n-형 적층(2, 3, 4), 활성층(5)으로 정공(hole)을 공급하기 위한 p-형 적층(6, 7, 8)을 포함한다.
- <11> 구체적으로, 광 안내(wave guide)를 위해 활성층(5)의 양측에 p-웨이브 가이드층(7) 및 n-웨이브가이드층(4)이 마련된다. 그리고, 전자와 정공 및 빛을 구속하기 위하여, p-웨이브 가이드층(7)의 상부 및 n-웨이브가이드층(4)의 하부에 p-클래드층(cladding layer, 8) 및 n-클래드층(3)이 각각 마련되어 있다. 그리고, p-웨이브가이드(7)과 활성층(5)의 사이에는 정공의 통과만을 허용하는 전자차단층(6, Electron Blocking Layer, EBL)이 마련된다. 한편 기판(1)과 n-클래드층(3)의 사이에는 n-GaN 콘택트층(2)이 마련되고 그리고 p-클래드층(8) 위에는 p-GaN 콘택트층(9)이 마련된다.
- <12> 이러한 질화물계의 발광 소자의 경우 대부분 사파이어(sapphire)를 기판 소재로 이용한다. 일반적으로, 질화물계 레이저 다이오드에서 활성층에서 형성되는 빛을 가이드하기 위한 웨이브가이드층이 GaN 으로 형성되며, 또한, 전자와 빛을 동시에 구속(confine)하기 위하여 클래드층은 $Al_xGa_{1-x}N$ 로 형성된다.

- <13> $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 는 GaN 에 비해 에너지갭이 크고, 활성층인 InGaN와의 굴절률 차이가 웨이브가이드인 GaN 에 비해 더 크다.
- <14> 크래드층으로 사용하는 AlGaIn층은 웨이브가이드층 및 n 타입 접촉층(contact layer)으로 사용되는 GaN와 큰 격자 상수와 열팽창 계수의 차이를 나타내고 이로 인해 클랙(crack)을 형성하게 된다. 따라서 이로 인하여 크래드층 물질인 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 에서 Al의 조성비와 두께가 제한되어 지고 있다. 다른 연구 그룹에서의 연구결과에 따르면 크래드층의 Al의 제한된 조성비율은 AlGaIn/GaN 초격자(super lattice) 경우 대략 14% 이며 제한 두께는 $1\mu\text{m}$, 벌크(bulk) AlGaIn의 경우 8% 및 $1\mu\text{m}$ 정도로 보고되었다. 이와 같이 제한된 크래드층의 두께와 Al 조성비에 기인하여 기판 쪽으로의 누설 모드(leakage mode)이 발생, 즉 광제한 팩터(optical confinement factor, OCF)가 감소하게 된다.
- <15> 누설 모드는 광구속(optical confinement) 계수를 줄여 광이득의 감소를 가져 옴으로써 레이저의 발진 개시 전류를 높이고 레이저의 파-필드 패턴(far field pattern)에 악영향을 주게 된다. 감소된 OCF는 레이저 소자의 발진 개시 전류를 높이고, 내부양자효율(internal quantum efficiency)을 감소시키고 발진된 레이저의 파-필드 패턴(far field pattern)에 악영향을 주게 된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <16> 본 발명은 광제한 팩터를 효과적으로 증대시켜 내구성 및 신뢰성이 향상된 반도체 발광소자를 제공하는 것에 그 목적이 있다.

<17> 또한 본 발명은 광 이득의 증가에 의해 레이저의 발진 개시 전류가 감소되고, 따라서 동작 입력 파워가 감소된 고효율의 반도체 발광소자를 제공함에 그 다른 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<18> 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따르면,

<19> 활성층과;

<20> 활성층 상하에 마련되는 상부 및 하부 웨이브가이드층;

<21> 상기 활성층 및 웨이브가이드층에 의한 샌드위치의 상하에 마련되는 상부 및 하부 크래드층; 및

<22> 상기 적층을 지지하는 기판을 구비하고,

<23> 상기 활성층 및 이 상하의 각 웨이브가이드층의 사이에, 각각에 대응하는 웨이브가이드층에 비해 에너지갭이 작고 그리고 활성층에 비해서는 큰 에너지갭을 가지는 광제한층(optical confinement layer, OCL)이 마련되어 있는 것을 특징으로 하는 반도체 발광소자가 제공된다.

<24> 상기 본 발명의 반도체 발광소자에 있어서, 상기 기판은 Si, 사파이어, SiC 또는 GaN 으로 형성될 수 있다.

<25> 이러한 본 발명은 질화물 반도체 발광소자에 적용되는 것이 바람직하다. 따라서, 상기 상부 및 하부 웨이브가이드층은 p-GaN 및 n-GaN으로 형성되며, 상기 상부 및 하부 크래드층은 각각 p-AlGaIn/p-GaN, p-AlGaIn/GaN, AlGaIn/p-GaN 및 n-AlGaIn/n-GaN, n-AlGaIn/GaN, AlGaIn/n-GaN, 또는 p-AlGaIn 및 n-AlGaIn으로 형성된다.

- <26> 상기 상부 크래드층의 위에와 하부 크래드층의 하부에는 각각 p-GaN 콘택트층 및 n-GaN 콘택트층이 마련된다. 또한, 상기 활성층은 $\text{Al}_v\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-v}\text{N}/\text{Al}_w\text{In}_y\text{Ga}_{1-y-w}\text{N}$ ($0 \leq v, w, x, y \leq 1, 0 \leq x+v, y+w \leq 1, y \leq x, v \leq w$) 의 다중양자우물 또는 단일양자우물로 형성될 수 있다. 즉, 상기 활성층은 GaN, AlGaN, InGaN 그리고 AlInGaN 중의 어느 하나의 물질로 형성될 수 있다.
- <27> 한편, 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면 상기 광제한층(OCL)은 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 으로 형성되며 여기에는 Si 또는 Mg가 도핑될 수 있다. 이러한 광제한층(OCL)의 바람직한 두께는 100 내지 500 Å 범위 내의 값을 가진다.
- <28> 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 반도체 발광소자의 바람직한 실시예를 설명한다.
- <29> 본 발명에서 제안된 반도체 발광소자는 크랙(crack)이 발생되지 않는 최대의 Al 조성을 갖는 크래드층의 구조하에서 광팩터 제한 값의 증가에 의해 광이득을 증가시키기 위해 활성층과 그 상하의 웨이브가이드층의 사이에 이들 각각의 에너지갭들의 사이의 값을 가지는 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, ($0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) OCL층이 삽입된 구조를 가진다.
- <30> 이러한 본 발명의 반도체 발광소자는 후술되겠지만 내부양자효율이 증대되고 레이저발진 개시 전류 및 동작 입력 파워(operation input power)가 감소되는 잇점을 가진다. 발진개시 전류 및 동작 입력 파워의 감소는 발진효율 증가 및 수명의 연장효과를 불러온다.
- <31> 이러한 본 발명의 반도체 발광소자는 특히 질화물계열의 광전소자, 예를 들어 발광 또는 수광 소자 등의 전자소자에 적용될 수 있다.

- <32> 도 2는 본 발명에 따른 광전 소자의 한례로서 반도체 레이저 소자의 개략적 단면도이며, 도 3은 도 2에 도시된 소자에서 각 결정층의 에너지 갭을 보이는 그래프이다.
- <33> 도 2를 참조하면, Si, SiC, GaN 또는 사파이어로 된 기판(10) 표면에 Si 도핑된 GaN 콘택트층(20)이 형성된다. 상기 콘택트층(20) 위에는 InGaN 활성층(50)을 주요구성요소로 포함하는 전자 발광층이 마련되어 있다.
- <34> 상기 활성층(50)은 에너지 갭이 서로 다른 $Al_vIn_xGa_{1-x-v}N$ 와 $Al_wIn_yGa_{1-y-w}N$ ($0 \leq v, w, x, y \leq 1, 0 \leq x+v, y+w \leq 1, y \leq x, v \leq w$) 에 의한 단일양자 우물 또는 다중양자우물구조를 가진다. 즉, 상기 활성층은 GaN, AlGaN, InGaN 그리고 AlInGaN 중의 어느 하나의 물질로 형성될 수 있다.
- <35> 상기 활성층(50)의 상하에는 본 발명을 특징지우는 OCL 층(45, 55)이 형성되어 있다. 이 OCL 층(45)은 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$, ($0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) 로 형성될 수 있다. 예를 들어, 하부 OCL 층(45)은 n-형 또는 도핑되지 않은 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$, $Al_xGa_{1-x}N$ 또는 $In_yGa_{1-y}N$ 으로 형성될 수 있고, 상부 OCL 층(55)은 p-, n-형 또는 도핑되지 않은 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$, $Al_xGa_{1-x}N$ 또는 $In_yGa_{1-y}N$ 으로 된다. 이러한 OCL 층(45, 55)의 에너지 갭(OCL)은 도 3에 도시된 바와 같이 활성층(active layer)에 비해 같거나 크며, 그리고 후술되는 상하부 웨이브 가이드층(n-WG, p-WG)에 비해 같거나 작다.
- <36> 도 2에 도시된 바와 같이 상기 웨이브 가이드층(70, 40)은 각각 n-형 및 p-GaN으로 각각 형성된다. 이러한 웨이브가이드(70, 40)는 전술한 바와 같이 상기 OCL 층에 비해 큰 에너지갭을 가진다. 한편, 상기 하부 웨이브가이드층(40)의 아래에는 n-AlGaIn/n-GaN, n-AlGaIn/GaN, AlGaIn/n-GaN 또는 n-AlGaIn 크래드층(30) 및 n-GaN 콘택트층(20)이 순차적으로 마련되어 있다.

- <37> 한편, 상기 상부 OCL(55)와 상부 웨이브가이드(70)의 사이에는 p-AlGa_N EBL(60)이 개재되어 있다. 도 3에 도시된 바와 같이 EBL(60)의 에너지 갭이 다른 결정층에 비해 가장 크며, 따라서 전자의 이동을 방지하고 정공만 통과하도록 한다.
- <38> 상기 p-GaN 상부 웨이브가이드층(70)의 위에는 p-AlGa_N/p-GaN, p-AlGa_N/Ga_N, AlGa_N/p-GaN 또는 p-AlGa_N 클래드층(80)과 p-GaN 상부 콘택트층(90)이 형성되어 있다.
- <39> 상기와 같이 OCL(45, 55)이 활성층의 양쪽에 마련되는 본 발명에 의하면, 제한된 Al조성과 AlGa_N clad층의 두께 하에서도 OCF (optical confinement factor)를 증가시켜 소자의 발진 전류 및 내부 양자효율이 향상되게 된다.
- <40> 이러한 본 발명에 의하면 종래 광전소자에 존재하던 웨이브가이드층에 더하여 본 발명에 의해 이보다 좁은 에너지 갭을 가지는 OCL층을 적용함으로써 웨이브 가이드층 및 OCL에 의한 이중 광제한층 (double optical confinement layer)이 활성층(50)의 양쪽에 마련되게 된다.
- <41> 도 4a, 도 4b, 도 4c, 도 4d는 각기 다른 Al 조성비를 가지는 n-클래드층(30)에 따른 모드 프로파일에 대한 OCF (Optical confinement factor)의 시뮬레이션 결과를 보인다.
- <42> 도 4a는 p-클래드층 및 n-클래드층의 Al 조성이 동일하게 10%인 소자에 대한 결과를 보이고 도 4b는 p-클래드층 및 n-클래드층의 Al 조성이 각각 10% 및 15%인 소자에 대한 결과를 보인다.
- <43> 도 4a, 도 4b의 시뮬레이션 결과에 따르면 도 4a에 도시된 바와 같이, n-클래드층의 Al 조성이 10%인 경우 기판 방향으로 모드 누설이 보이는 반면, 도 4b에 도시된 바와

같이 n-크래드층의 Al조성이 15%인 경우 기판 방향으로의 모두 누설이 발견되지 않을 뿐 아니라 OCF 또한 증가함을 알 수 있다.

<44> 도 4c, 도 4d는 각각 n-크래드층의 Al조성이 10%와 15%이며, p-크래드층의 Al 조성은 동일하게 10%로 설정하고, 140Å 두께의 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ OCL을 활성층의 양쪽에 삽입시킨 상태에서의 시뮬레이션 결과를 보인다.

<45> 도 4c, 도 4d의 시뮬레이션 결과는 본 발명에 의해 OCL을 적용함으로써 OCF가 증가함을 보여준다. 도 4c를 참조하면 기판쪽으로의 모드 누설이 일어나고 있지만, 액티브 영역에서 도 4a에서의 시뮬레이션 결과에 비해 반치폭이 감소됨을 알 수 있다. 이러한 반치폭의 감소는 광제한(optical confinement)이 보다 효과적으로 일어남을 시사한다. 도 4d를 참조하면, 도 4c에 도시된 결과를 위한 조건에서 n-크래드층에서의 Al 조성비를 15%를 조절했을 때, 기판쪽에서의 모두 누설이 거절의 제거됨은 물론 반치폭이 더욱 감소하여 OCF가 매우 높게 증가함을 알 수 있다.

<46> 도 5a 내지 도 5c 는 n-크래드층에서의 Al 조성비(10%, 13.5%, 15%)별 OCL의 두께 변화에 따른 OCF의 변화를 보인 시뮬레이션 결과이다.

<47> 도 5a 내지 도 5c를 통하여, n-크래드층의 Al조성이 10%인 경우 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ OCL층의 두께가 140Å, 13.5% Al조성일 경우 350Å, Al 조성이 15%로 증가된 경우 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ OCL층의 두께가 420Å일 때 최대의 OCF결과를 나타냄을 알 수 있다.

<48> 도 5a를 참조하면, n-크래드층 및 p-크래드층의 Al 조성이 공히 10%인 경우 OCL의 두께가 약 140Å일 때 약 1.5정도의 최대의 OCF가 나타난다.

- <49> 도 5b를 참조하면, n-크래드층의 Al 조성이 13.5%이고 p-크래드층의 Al 조성이 공히 10%인 경우, OCL의 두께가 약 350Å일 때 약 2.3정도의 최대의 OCF가 나타난다.
- <50> 또한, 도 5c를 참조하면, n-크래드층의 Al 조성이 15%이고 p-크래드층의 Al 조성이 공히 10%인 경우, OCL의 두께가 약 420Å일 때 약 2.4 이상으로 최대의 OCF가 나타난다
- <51> 도 5d는 OCL을 적용한 경우(OCL) 및 OCL을 적용하지 않은 경우(non-OCL)에 있어서, n-크래드층의 Al 조성비(10%, 13.5%, 15%)별 OCF의 변화를 나타내 보인다. 도 5d를 통해서 본 발명에 따라 OCL을 적용한 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 높은 OCF를 보이며, 그리고 Al 조성비가 증가할 수 록 본 발명에 따라 OCL을 적용한 경우가 보다 높은 비율로 OCF가 증가함을 알수 있다.
- <52> 도 5e는 위의 조건에서 최대 OCF에 대응하는 OCL두께 변화에 따른 OCF의 증가률을 보인다.
- <53> 도 5a ~ 5d 및 도 5e를 통해서 n-크래드층내의 Al조성이 증가함에 따라서 OCF가 증가하고, 그리고 그 최적화된 OCL의 두께가 증가 함을 알 수 있다. 본 발명에 따른 광전 소자는 결론적으로 n-크래드층의 Al%의 증가없이 최대 16%의 OCF값을 향상시킬 수 있음을 알수 있었다.
- <54> 위의 결과를 토대로 과찰한 결과, OCL의 두께는 100Å에서 500Å 범위내로 조절되는 것이 바람직한 것으로 보인다.
- <55> 도 6는 상기와 같은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 크랙이 없는 n-크래드층의 Al조성이 14%의 경우에 대하여 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ OCL층을 적용 여부에 따라서 레이저 발진 개시 전류의

변화를 나타낸 것이다. 도 6을 통해서, $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ OCL층이 삽입된 경우에 시뮬레이션 결과와 동일하게 OCL층이 없는 종래 레이저 다이오드 소자에 비하여 발진 개시 전류가 72mA에서 46mA로 약 40% 감소함을 알 수 있다. 이는 OCL층의 삽입에 따라서 OCF값이 증가하고 이에 따라 광구속 계수 및 광이득의 증가를 가져올 뿐 아니라 크래드층과 활성층 사이에 완충층으로서의 OCL층의 삽입이 됨에 따라서 레이저의 발진 개시 전류가 낮추는 것으로 추정된다.

【발명의 효과】

- <56> 상기와 같은 본 발명에 따른 반도체 광전소자의 특징을 요약하면 다음과 같다.
- <57> 1) n-크래드층의 Al조성이 증가 없이 모드 누설의 감소 및 억제 가능하고 그리고 최대 16% OCF의 증가가 가능하다.
- <58> 2) AlGaIn EBL층과 활성층인 InGaIn의 격자 상수의 차이에 기인한 스트레인 스트레스의 효과적인 감소가 가능하다.
- <59> 3) 레이저 소자의 경우 문턱전류(threshold current)를 최대 40% 정도 감소시킬 수 있다.
- <60> 4) 소자의 작동 전류 및 전압이 감소된다.
- <61> 5) 동작 입력 파워의 감소로 수명이 연장된다.
- <62> 이상과 같은 본 발명의 광전소자는 질화물계 발광소자 및 수광소자 등에 적용될 수 있다. 즉, 본 발명에 다른 광전소자는 질화물계로 제작된 발광소자인 백색(white), 청색(blue), 녹색(green) LED, 자외선(UV), 자색(violet), 청색(blue), 녹색(green) LD 및 수광소자, 전자소자등 모든 소자에 적용될 수 있다.

<63> 본 기술분야에서 숙련된 자들에게, 본 발명의 정신을 이탈하지 않고 전술한 바람직한 실시예를 고려한 많은 변화와 수정은 용이하고 자명하며, 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위에 의해 보다 명확하게 지적된다. 본원의 기술내용의 개시 및 발표는 단지 예시에 불과하며, 첨부된 청구범위에 의해 보다 상세히 지적된 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 이해되어서는 안될 것이다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

활성층과;

활성층 상하에 마련되는 상부 및 하부 웨이브가이드층;

상기 활성층 및 웨이브가이드층에 의한 샌드위치의 상하에 마련되는 상부 및 하부 크래드층; 및

상기 적층을 지지하는 기판을 구비하고,

상기 활성층 및 이 상하의 각 웨이브가이드층의 사이에, 각각에 대응하는 웨이브가이드층에 비해 에너지갭이 작고 그리고 활성층에 비해서는 큰 에너지갭을 가지는 광제한층(optical confinement layer, OCL)이 마련되어 있는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 상부 웨이브가이드층과 그 하부의 상부 OCL의 사이에 전자차단층(electron blocking layer)이 개재되어 있는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 Si, 사파이어, SiC 또는 GaN 으로 형성되는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 4】

제 1 항 내지 제 3 항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 결정층들은 질화물계인 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 5】

제 1항 내지 제 3 항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 상부 및 하부 웨이브가이드층은 p-GaN 및 n-GaN으로 형성되며, 상기 상부 및 하부 크래드층은 각각 p-AlGa_N/p-GaN 및 n-AlGa_N/n-GaN, 또는 p-AlGa_N 및 n-AlGa_N으로 형성되며, 상기 활성층은 AlInGa_N(Al_vIn_xGa_{1-x-v}N/Al_wIn_yGa_{1-y-w}N, $0 \leq v, w, x, y \leq 1, 0 \leq x+v, y+w \leq 1, y \leq x, v \leq w$)로 형성되는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 6】

제 5 항에 있어서,

상기 상부 웨이브가이드층과 그 하부의 상부 OCL의 사이에 p-AlGa_N 전자차단층 (electron blocking layer)이 개재되어 있는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 7】

제 5 항에 있어서,

상기 광제한층(OCL)은 Al_xIn_yGa_{1-x-y}N ($0 \leq x, y \leq 1; 0 \leq x+y \leq 1$)으로 형성되는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 8】

제 6 항에 있어서,

상기 광제한층(OCL)은 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)으로 형성되는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 9】

제 7 항에 있어서,

상기 광제한층에는 Si 또는 Mg가 도핑되어 있는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 10】

제 8 항에 있어서,

상기 광제한층에는 Si 또는 Mg가 도핑되어 있는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 11】

제 7 항에 있어서,

광제한층(OCL)의 두께는 100 내지 500Å 범위 내의 값을 가지는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 12】

제 8 항에 있어서,

광제한층(OCL)의 두께는 100 내지 500Å 범위 내의 값을 가지는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 13】

제 9 항에 있어서,

광제한층(OCL)의 두께는 100 내지 500Å 범위 내의 값을 가지는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【청구항 14】

제 10 항에 있어서,

광제한층(OCL)의 두께는 100 내지 500Å 범위 내의 값을 가지는 것을 특징으로 하는 반도체 광전소자.

【도면】

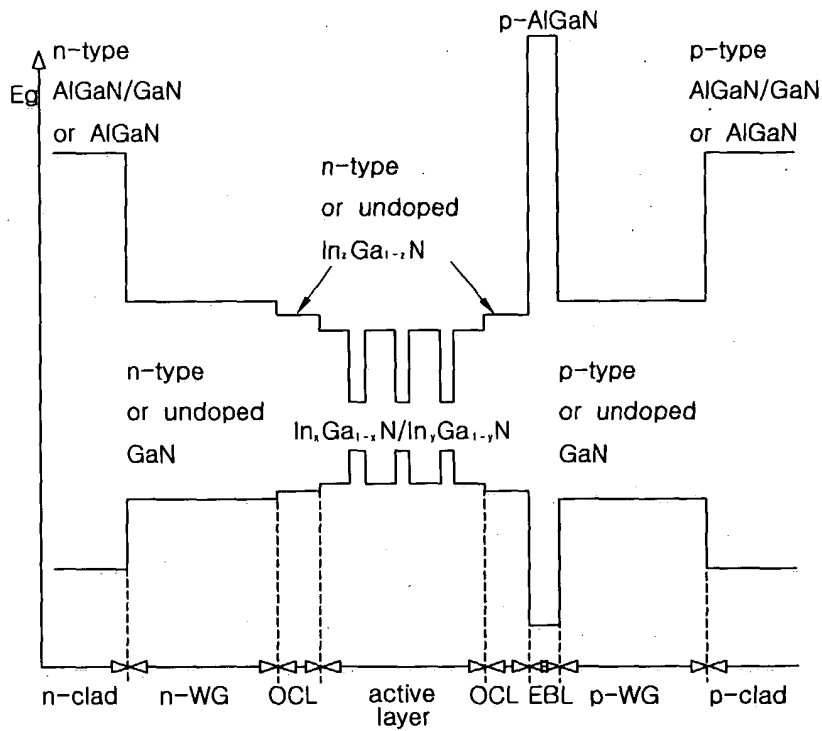
【도 1】

p-GaN	9
AlGaIn/p-GaN or p-AlGaIn	8
p-GaN	7
p-AlGaIn	6
$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$	5
n-GaN	4
AlGaIn/n-GaN or n-AlGaIn	3
n-GaN	2
SAPPHIRE	1

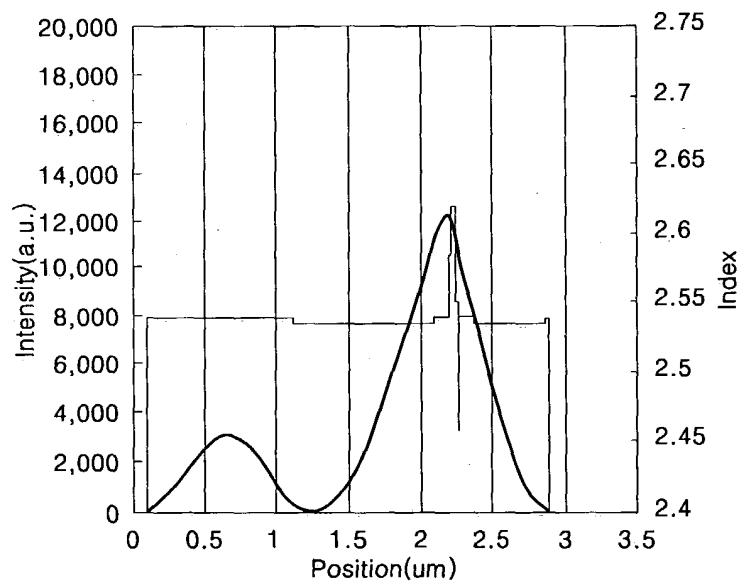
【도 2】

p-GaN	90
AlGaIn/p-GaN or p-AlGaIn	80
p-GaN	70
p-AlGaIn	60
$\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$	55
$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$	50
$\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$	45
n-GaN	40
AlGaIn/n-GaN or n-AlGaIn	30
n-GaN	20
SAPPHIRE	10

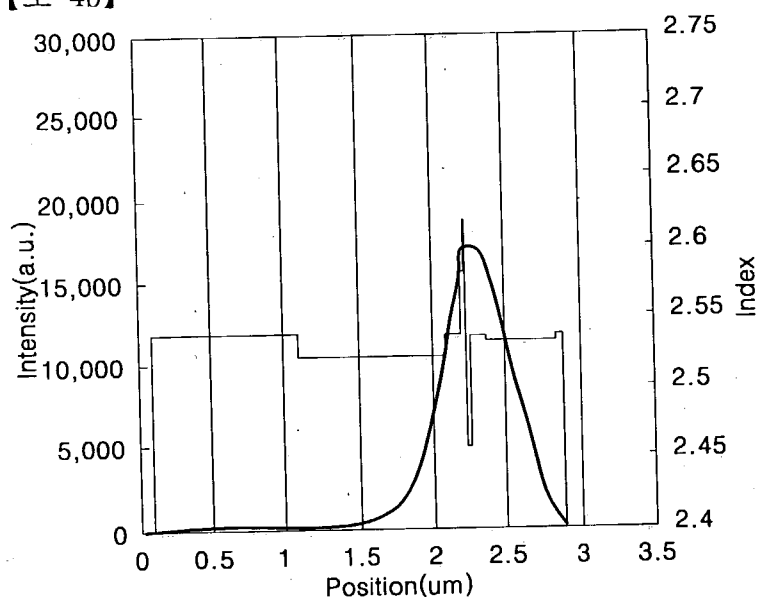
【도 3】



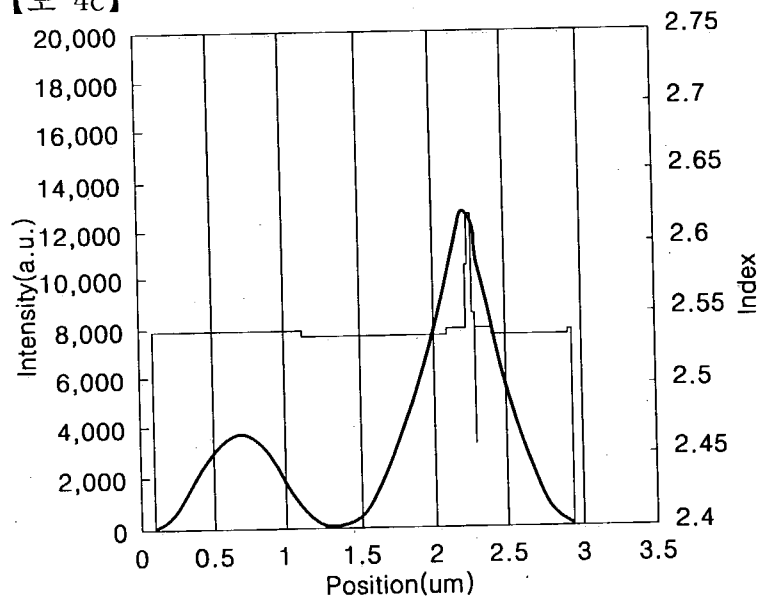
【도 4a】



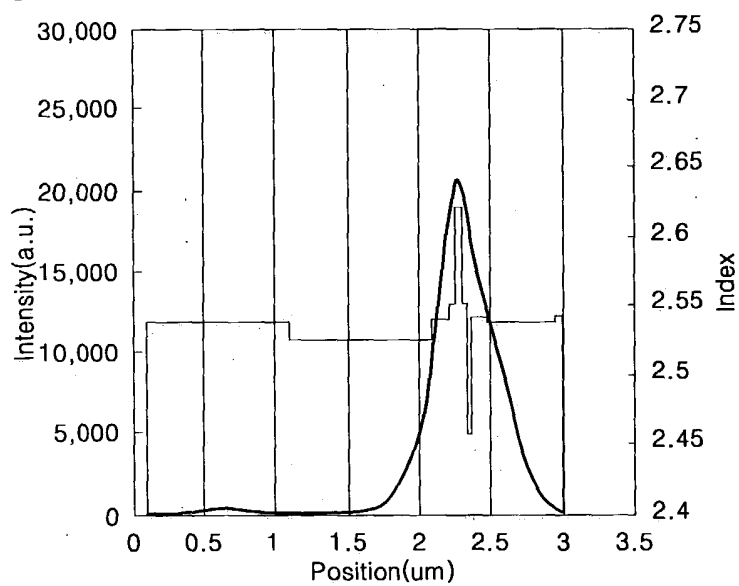
【도 4b】



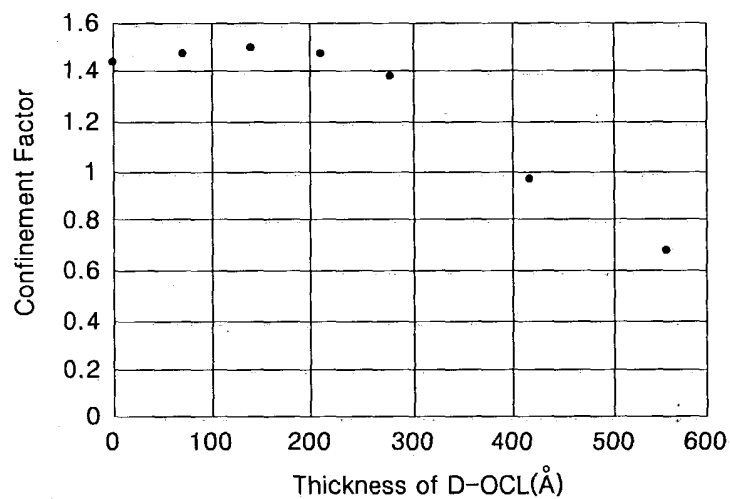
【도 4c】



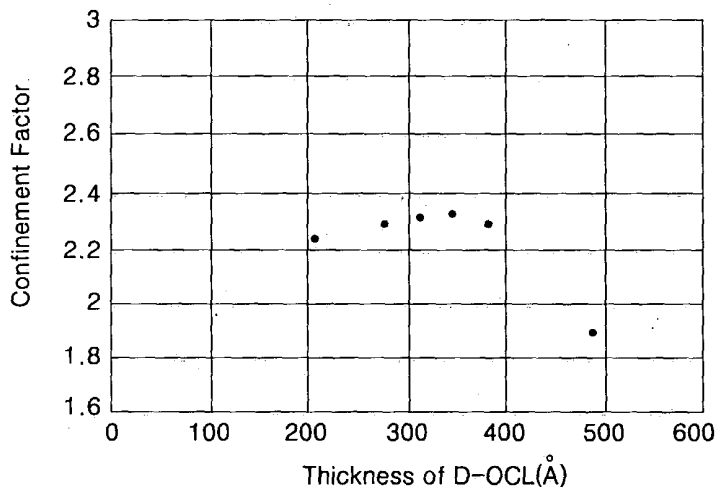
【도 4d】



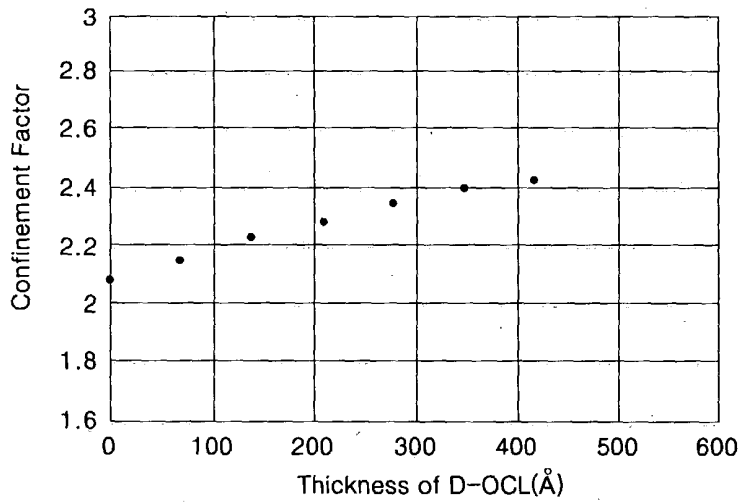
【도 5a】



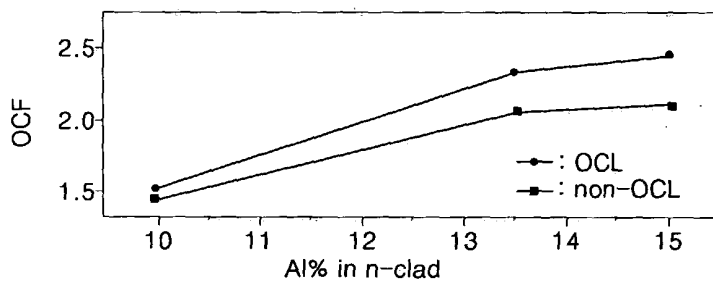
【도 5b】



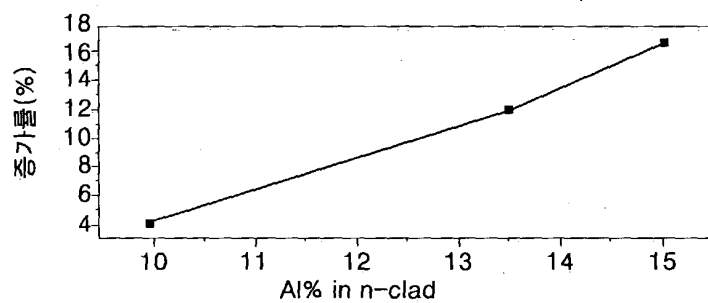
【도 5c】



【도 5d】



【도 5e】



【도 6】

